

Pemanfaatan Limbah *Fly Ash* Batubara Untuk Pembuatan *Paving Block* Geopolimer Dengan Variasi Temperatur *Curing* Dan Rasio Larutan Aktivator Terhadap *Fly Ash*

Wasty Rusjaya¹, Ahmad Fadli², Drastinawati²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia S1, ²Dosen Jurusan Teknik Kimia,
Laboratorium Material dan Korosi
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR Subranta Km 12,5 Pekanbaru 28293
wastysilaen@gmail.com

ABSTRACT

Paving blocks used as a construction material for roads, parking area, and city parks. The objectives of this research are to make paving blocks of coal fly ash as a raw material in the manufacturing paving blocks, investigate the effect of curing temperature and the ratio of liquid activator/fly ash on the characteristics of the paving block (compressive strength, porosity, density, crystallinity, and morphology) and testing Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) paving block geopolimer. 247,5 gr of coal fly ash were mixed with 742,5 gr of aggregate (sand) and added 82,88 gr of liquid activator as well as 1,26 gr of superplasticizer inside the container. Then, the mixture was stirred and pour into cube mould with size 5x5x5 cm³, subsequently put at room temperature for 24 hours and dried at a curing temperature of 60 °C, 80 °C, 100 °C. The characteristics of were compressive strength, porosity, density, TCLP, crystallinity, and morphology determined. The result show that increasing curing temperature lead to increasing compressive strength and density while the porosity decreased. The compressive strength, porosity, and density of paving blocks were 19,73-49,33 MPa; 4,0-7,6%; 2,0-2,3 g/cm³; respectively and metal contents Zn, Pb, Cu, Cd were 3,591 mg/L; 1,577 mg/L; 1,079 mg/L; and 0,223 mg/L; respectively. The highest of compressive strength 49,33 MPa was obtained at paving blocks paper at the curing temperature of 100 °C and the ratio of liquid activator/fly ash of 0,7.

Keywords: curing temperature; fly ash; geopolimer; paving block; liquid activator

1. Pendahuluan

Paving block geopolimer adalah salah satu dari pengembangan teknologi beton. *Paving block* geopolimer disebut juga bata beton atau *concrete block* atau *cone blok*. *Paving block* geopolimer banyak digunakan sebagai trotoar, areal parkir, jalan-jalan perumahan, terminal, *container*, dan *taxy way*. *Paving block* mulai diproduksi dalam skala kecil pertengahan 1950 di Jerman Barat, kemudian dikembangkan beberapa negara di daerah Eropa. Pada tahun 1976 di Jerman Barat sudah ada sekitar 500-an pabrik yang memproduksi *paving block* dalam berbagai bentuk [Davidovits, 1994].

Pada tahun 2010 produksi batubara di Indonesia sebanyak 153 juta ton sehingga mengakibatkan limbah batubara sangat melimpah oleh karena itu dapat digunakan sebagai sumber energi baru yang berupa *fly ash* [Nessya, 2012]. Salah satu usaha memanfaatkan limbah ini adalah memanfaatkannya sebagai bahan baku pembuatan *paving block* geopolimer. *Fly ash* dihasilkan dari sisa pembakaran batubara pada PT. Paiton Probolinggo.

Paving block memiliki beberapa keunggulan antara lain, pengerjaan dan perbaikannya mudah dan cepat, pengerjaan dan perbaikan murah, bisa diatur sedemikian rupa sehingga bisa membentuk

motif sesuai dengan yang kita inginkan sehingga membuat taman dikota lebih indah dan ramah lingkungan. Penggunaan bahan tambah pada campuran *paving block* selain dapat meningkatkan mutu juga akan dapat menggantikan penggunaan material penyusun utamanya yaitu semen [Safitri dan Djumai,2009].

Manesh dkk [2012], telah melakukan penelitian geopolimer dari *fly ash* batubara dengan rasio larutan natrium silika terhadap natrium hidroksida, larutan aktivator terhadap *fly ash* 0,3 dan konsentrasi NaOH 16 M. Variasi yang digunakan didalam penelitian ini adalah variasi durasi didalam oven selama 6 jam sampai 24 jam dan temperatur *curing* 60 °C, 90 °C, dan 120 °C. Pada penelitian ini temperatur *curing* mempengaruhi kuat tekan terlihat dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada temperatur *curing* 120 °C selama 24 jam mendapatkan kuat tekan 60,29 MPa.

Penelitian ini bertujuan ini untuk membuat *paving block* dari *fly ash* batubara sebagai bahan baku, mengetahui pengaruh temperatur *curing* dan rasio larutan aktivator/*fly ash* terhadap karakteristik paving block (kuat tekan, porositas, densitas, kristalinitas, dan morfologi), dan melakukan uji TCLP *paving block* geopolimer.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *fly ash* batubara Paiton, Na₂SiO₃, NaOH, *superplasticizer*, pasir, dan aquadest.

2.2 Peralatan yang digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan analitik, oven, mould, sendok semen, wadah, gelas ukur, gelas piala, labu ukur, corong, pengaduk, pipet tetes, SEM, dan XRD.

2.3 Prosedur Penelitian

Variabel tetap pada penelitian ini yaitu ukuran *paving block* 5x5x5 cm³

berbentuk kubus, konsentrasi NaOH 14 M, perbandingan berat Na₂SiO₃ terhadap NaOH adalah 2 : 1, agregat halus sebanyak 693 gram. Sedangkan, variabel berubah yakni Perbandingan rasio larutan aktivator terhadap *fly ash* adalah 0,504 ; 0,709 ; 0,905, temperatur *curing* : 60°C, 80°C, dan 100°C.

Tahap Persiapan

Fly ash disaring dengan menggunakan ayakan 100-200 mesh bertujuan untuk meratakan ukuran *fly ash*. Natrium hidroksida yang kristal dilarutkan kedalam air dan dicampurkan dengan larutan natrium silikat, disebut larutan aktivator.

Pembuatan Paving Block

Proses pencampuran diawali dengan mencampurkan *fly ash* dengan agregat halus (pasir). Lalu, campuran *fly ash* dan pasir ini dicampurkan dengan larutan aktivator, Setelah itu adonan dicampurkan sampai merata. Masukkan adonan *paving block* geopolimer tersebut kedalam *mould* yang berbentuk kubus berukuran 5x5x5 cm³. Adonan dipadatkan sampai adonan mengisi seluruh cetakan dengan cara digetarkan, kemudian didiamkan sehari didalam ruangan. setelah itu, dimasukkan kedalam oven dengan temperatur 60°C, 80°C, dan 100°C selama 24 jam. Setelah 24 jam *paving block* telah mengeras, *paving block* dilepaskan dari cetakan dan didiamkan selama 28 hari. Kemudian *paving block* yang dihasilkan dikarakterisasi yaitu analisa menggunakan kuat tekan, porositas, densitas, TCLP (*toxicity characteristic leaching procedure*), XRD (*X-Ray Diffraction*), dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

3. Hasil dan Pembahasan

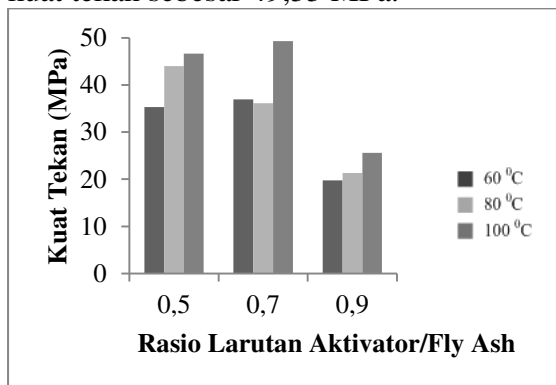
Pengujian karakteristik *fly ash* batubara menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) bertujuan untuk mengetahui komposisi unsur material yang terkandung didalam *fly ash*. Pada tabel 1 unsur-unsur

fly ash seperti silika, aluminium, kalsium, besi, kalium dan mangan.

Tabel 1. Hasil Analisa XRF *Fly Ash* Batubara Paiton

Senyawa	Kadar (%)
SiO ₂	53,616
Al ₂ O ₃	28,470
Fe ₂ O ₃	5,525
CaO	4,974
MgO	4,228
K ₂ O	0,857
SO ₃	0,584
P ₂ O ₅	0,569
TiO ₂	0,724
LOI	0,453

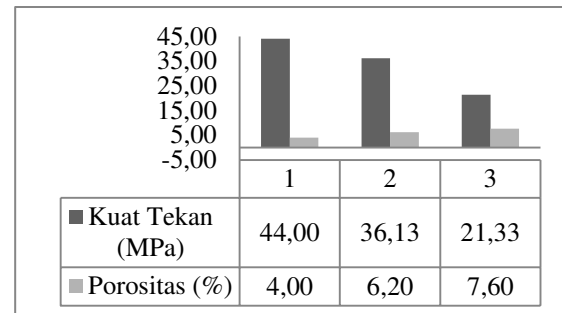
Larutan aktivator berperan dalam meningkatkan kuat tekan karena mempercepat terjadinya proses polimerisasi. pengaruh rasio larutan aktivator/*fly ash* terhadap kuat tekan, dimana terlihat bahwa larutan aktivator/*fly ash* 0,709 memberikan kuat tekan paling tinggi dibandingkan larutan aktivator/*fly ash* 0,504 dan 0,905. Temperatur *curing* mempengaruhi kuat tekan *paving block* semakin tinggi temperatur *curing* maka dihasilkan kuat tekan yang tinggi [Nessya, 2012]. Pada gambar 1 menunjukkan bahwa temperatur *curing* 100 °C menghasilkan kuat tekan sebesar 49,33 MPa.



Gambar 1 Hasil Rasio Larutan Aktivator/*Fly Ash* Terhadap Kuat Tekan

Pada gambar 2 memperlihatkan pengaruh kuat tekan tinggi akan mengakibatkan porositas yang menurun. Julharminto dkk [2015] mengatakan bahwa kuat tekan berbanding terbalik

dengan porositas, kuat tekan yang tinggi dan porositas rendah. Sebaliknya, kuat tekan rendah dan porositas tinggi. Pengaruh kuat tekan dan porositas ini dapat dilihat pada gambar 2, Kuat tekan yang didapat pada kekuatan 44 MPa menghasilkan porositas 4%. Pada kuat tekan 36,13 Mpa memiliki nilai porositas 6,2% dan kuat tekan 21,33 Mpa menghasilkan porositas 7,6 %.



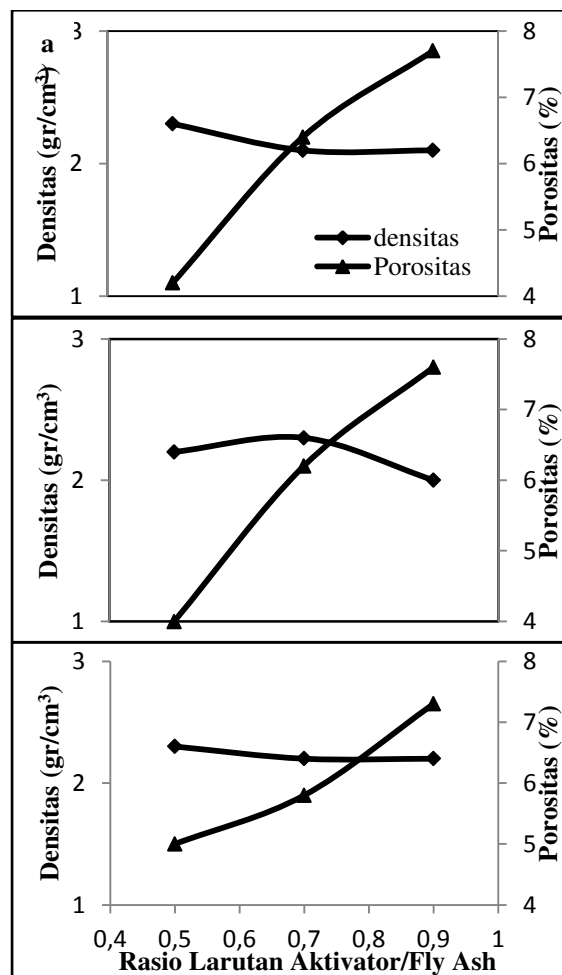
Gambar 2. Pengaruh Kuat Tekan dan Porositas

Pengujian *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) untuk mengetahui kadar logam (*metal contents*). Pemeriksaan kandungan logam berat dilakukan pada 4 parameter yaitu seng, timbal, tembaga, dan kadmium. Hasil pengujiannya dapat dilihat pada tabel 2, kadar logam berat Zn, Pb, Cu, Cd yang terkandung didalam *paving block* mengalami penurunan setelah menjadi *paving block*. *Paving block* aman digunakan dan tidak mencemari lingkungan [Gunawan dan Fransisko, 2011].

Tabel 2 Hasil Analisa *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP)

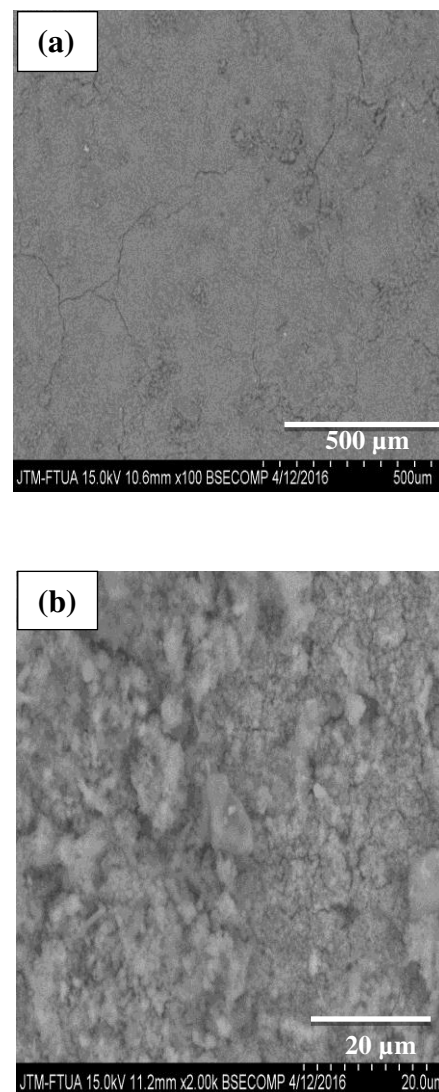
Parameter	Kadar (mg/L)		PP No 18 & No 85 Tahun 1999 (mg/L)
	<i>Fly Ash</i>	<i>Paving Block</i>	
Seng (Zn)	5,032	3,591	50
Timbal (Pb)	1,720	1,577	5
Tembaga (Cu)	1,389	1,079	10
Kadmium (Cd)	0,580	0,223	1

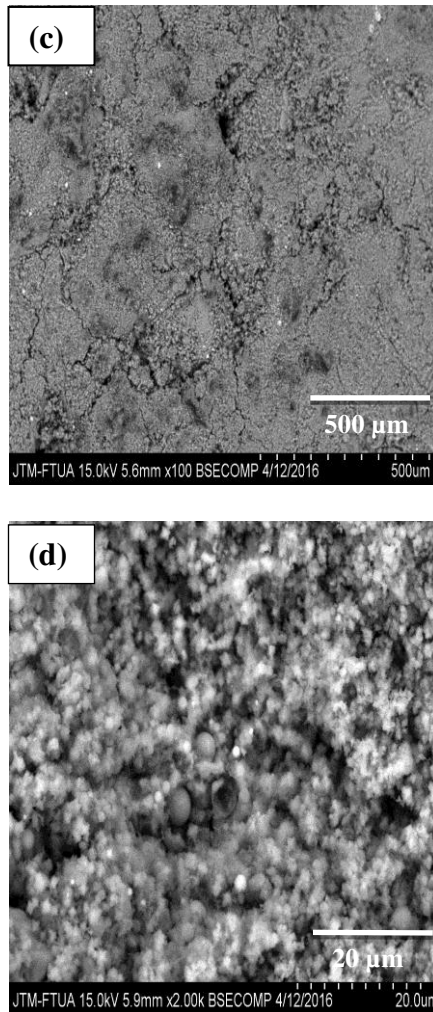
Gambar 3 menunjukkan porositas dan densitas memiliki hubungan yang berbanding terbalik. Dimana, semakin tinggi porositas yang dihasilkan maka densitas *paving block* rendah, maka sebaliknya porositas rendah maka densitasnya semakin tinggi. *Paving block* pada temperatur tertinggi menghasilkan porositas tertinggi 7,7% dan densitas yang didapat adalah terendah 2,1 gr/cm³. Sutapa [2011] menyatakan bahwa temperatur *curing* semakin tinggi akan menghasilkan porositas yang tinggi pula. Jumlah dan pembesaran pori juga mempengaruhi daya serap *paving block*.



Gambar 3. Pengaruh Rasio Larutan Aktivator/*Fly Ash* terhadap Porositas dan Densitas (a) Temperatur *Curing* 60 °C (b) Temperatur *Curing* 80 °C (c) Temperatur *Curing* 100 °C

Pengujian morfologi bertujuan untuk menunjukkan permukaan porositas dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Temperatur *curing* yang semakin tinggi mengakibatkan mikrostruktur *paving block* berubah. Kenaikan temperatur *curing* menghasilkan ukuran pori yang lebih kecil dan menyebabkan kuat tekan yang tinggi. Gambar 4 menunjukkan pada temperatur *curing* 100 °C kuat tekan yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tekan temperatur *curing* 60 °C.





Gambar 4 Hasil Analisa SEM Pada Temperatur *Curing* 100 °C (a dan b) dan Temperatur *Curing* 60 °C (c dan d)

4. Kesimpulan

Paving block telah berhasil dibuat dengan bahan baku *fly ash* batubara Paiton dan larutan aktivator (Na_2SiO_3 dan NaOH). Produk *paving block* yang dihasilkan sesuai dengan SNI 03-0691-1996 mutu A, yang dapat digunakan pada jalan. Hasil kuat tekan optimum sebesar 49,33 MPa pada temperatur *curing* 100°C dengan rasio larutan aktivator/*fly ash* 0,7 dan konsentrasi NaOH 14 M. Porositas didapat sebesar 7,7 % pada rasio larutan aktivator terhadap *fly ash* 0,9.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Jendral Pendidikan yang telah membiayai penelitian ini melalui hibah PKM-P pada Tahun Anggaran 2013.

Daftar Pustaka

- ASTM C 55, 2001, Standard Specification for Concrete Aggregates, United States.
- ASTM C 494-1995, 1995, Bahan Chemical Admixture pada Paving Block, United States.
- ASTM C 618-1994, 1994, Use of Fly Ash in Specific Application, United States.
- ASTM C 642-90, Uji Porositas Paving Block, United States.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN)., 1996, SNI 03-0691-1996 Tentang Pembuatan Bata Beton (Paving Block), Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN)., 1990, SNI 03-1974-1990 Tentang Uji Kuat Tekan Paving Block.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN)., 1996, SNI 03-4164 Tentang Petunjuk Pelaksanaan Pengujian Struktur Bangunan.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN)., 1990, SNI T-04-1990-F Tentang Pola Paving Block.
- Bengawan, H.R, 2013, Uji Toksisitas Limbah Padat Abu Batubara, Repository Program Studi Teknik Lingkungan FT UNMUL, Samarinda.
- Davidovits, J., 1994, Properties of Geopolymer Cement. First International Convergence on Alkaline Cement and Concrete, Kiev State Technical University, Kiev, Ukraine.
- Ekaputri, J.J., Triwulan., dan Damayanti O., 2007, Sifat Mekanik Beton

- Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Jawa Power Paiton Sebagai Material Alternatif, *Jurnal Pondasi*, 13 (2), 124-139.
- Ekaputri, J.J., dan Triwulan., 2013, Sodium Sebagai Aktivator Fly Ash, Trass dan Lumpur Sidoarjo dalam Beton Geopolimer, *Jurnal Teknik Sipil*, 20 (1), 4-5.
- Fernandes, H.R., Tulyaganov, D.U., dan Ferreira, J.M.F., 2009, Preparation and Characterization of Foams From Sheet Glass and Fly Ash Using Carbonates as Foaming Agents, *Ceramic International*.
- Gunawan, G., dan Fransisko, S., 2011, Pemanfaatan Limbah Abu Terbang yang Ramah Lingkungan Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Dasar (Waste Utilization of Environment-Friendly Fly Ash as Soil Subgrade Stabilizer), *Jurnal Puslitbang Jalan dan Jembatan*.
- Jaarsveld, V.J.G., Deventer, J.S.J., dan Lukey, G.J., 2002, The Effect of Composition and Temperature on The Properties of Fly Ash and Kaolinite-Based Geopolymer, *Chemical Engineering Journal*, 89, 63-73.
- Julharmito., Fadli, A., dan Drastinawati., 2015, Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) Batubara Sebagai Bahan Campuran Beton Geopolimer, 2 (2), 1-5.
- Munir, M., 2008, Pemanfaatan abu batubara (fly ash) untuk hollow block yang bermutu dan aman bagi lingkungan, *Tesis*, Universitas Diponegoro.
- Mulyati., dan Malier, S., 2015, Pengaruh Penggunaan Fly Ash Sebagai Pengganti Agregat terhadap Kuat Tekan Paving Block, *Jurnal Momentum*, 17 (1), 42-49.
- Nessya, A.P., 2012, Optimasi Nilai Kuat Tekan Fleksural Geopolimer Abu Terbang Suralaya terhadap Variabel Alkali, Konsentrasi Alkali dan Suhu Curing, *Skripsi*, Universitas Riau.
- Peraturan Pemerintah No.18 dan No.85 Tahun 1999., 1999, Tentang Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3).
- Risdanareni, P., Triwulan., dan Jaya, J.E., 2014, Pengaruh Molaritas Aktifator Alkalin terhadap Kuat Mekanik Beton Geopolimer dengan Tras Sebagai Pengisi, Seminar Nasional X-2004 Teknik Sipil ITS Surabaya, 847-856.
- Safitri, E., dan Djumai, 2009, Kajian Teknik dan Ekonomi Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) pada Produksi Paving Block, *Media Teknik Sipil*, 9 (1), 36-40.
- Satya, M., 2002, Pengaruh Substitusi Abu Sekam Padi terhadap Kuat Tekan Paving Block, *Skripsi*, Universitas Negeri Semarang.
- Septia, P., 2011, Studi Literatur Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Rasio NaOH:Na₂SiO₃, Rasio Air/Prekursor, Suhu Curing, dan Jenis Prekursor Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer, *Skripsi*, Universitas Indonesia.
- Subekti, S., 2012, Analisis Proporsi Limbah Fly Ash Paiton dan Tjiwi Kimia Terhadap Kuat Tekan Pasta Geopolimer, Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah (ATPW), ISSN 2301-6752, Institut Teknologi Surabaya.
- Sutapa, G., 2011, Porositas, Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Agregat Kasar Batu Pecah Pasca Dibakar, *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 15 (1), 50-57.